

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-122296

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

H04L 12/56

(21)Application number : 09-277449

(71)Applicant : CHOKOSOKU NETWORK COMPUTER GIJUTSU
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 09.10.1997

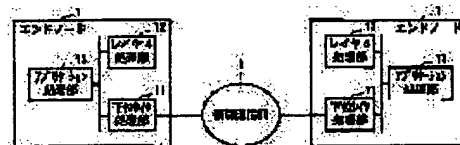
(72)Inventor : ATSUMI YUKIO

(54) BAND CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize detailed service based on a priority set as to the use of a communication band.

SOLUTION: A layer 4 processing section 12 executes a communication protocol to set a communication band used for packet transmission usually based on the smaller value of a reception notice window value denoting reception capability of an opposite node and a congestion window value obt'd. by estimating a transfer capability of a network. On the detection of a packet missing even, the congestion window value is not reduced immediately but stored as it is and only in the case that a succeeding packet missing state is deteriorated, the congestion window value is reduced to reduce the communication band.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3163479

[Date of registration] 02.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right] 02.03.2004

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3163479号 ✓

(P3163479)

(45) 発行日 平成13年 5 月 8 日 (2001. 5. 8)

(24) 登録日 平成13年 3 月 2 日 (2001. 3. 2)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 4 L 12/56

識別記号

F I
H 0 4 L 11/20

1 0 2 C

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-277449
(22) 出願日 平成 9 年 10 月 9 日 (1997. 10. 9)
(65) 公開番号 特開平11-122296
(43) 公開日 平成11年 4 月 30 日 (1999. 4. 30)
審査請求日 平成 9 年 10 月 9 日 (1997. 10. 9)

(73) 特許権者 394025577
株式会社超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所
東京都港区虎ノ門五丁目 2 番 6 号
(72) 発明者 堀美 幸雄
東京都港区虎ノ門 5 丁目 2 番 6 号 株式会社超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所内
(74) 代理人 100064621
弁理士 山川 政樹

審査官 土居 仁士

(56) 参考文献 特開 平10-257092 (J P, A)
信学技報 S S E97-114
信学技報 I N97-34

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 帯域制御方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相手ノードの受信能力を示す受信告知ウィンドウ値と、ネットワークの転送能力を推定した輻輳ウィンドウ値とのいずれか小さい値に基づいて、パケット送信に用いる通信帯域を設定する通信プロトコルにおいて、

パケット紛失事象検出時には、輻輳ウィンドウ値を直ちには削減せずにそのまま保持し、

その後のパケット紛失状況が悪化した場合にのみ輻輳ウィンドウ値を削減して通信帯域を削減することを特徴とする帯域制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の帯域制御方法において、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てる優先通信が必要か否かを判断し、優先通信が不要な場合には、パケット紛失事象検出時に

2

輻輳ウィンドウ値を直ちに削減し、

優先通信が必要な場合には、パケット紛失事象検出時に輻輳ウィンドウ値を直ちには削減せずにそのまま保持し、

その後のパケット紛失状況が悪化した場合にのみ輻輳ウィンドウ値を削減して通信帯域を削減することを特徴とする帯域制御方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の帯域制御方法において、

10 所定の監視区間ごとにパケット紛失量を算出し、任意の監視区間での第 1 のパケット紛失量と、その直後の監視区間での第 2 のパケット紛失量とを比較し、第 2 のパケット紛失量が第 1 のパケット紛失量より大きい場合には、パケット紛失状況が悪化していると判断することを特徴とする帯域制御方法。

3

【請求項4】 請求項3記載の帯域制御方法において、パケット紛失事象検出時点から送信済みのパケットすべてについて受信側から送達確認通知された時点までの区間を監視区間とすることを特徴とする帯域制御方法。

【請求項5】 ネットワークの負荷状況を示すスループットを所定長の測定区間ごとに測定し、その変化に応じてパケット送信量を調整する通信プロトコルにおいて、スループットの低下検出時には、パケット送信量を直ちには削減せずにそのまま保持し、

その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみ 10
パケット送信量を削減して通信帯域を削減することを特徴とする帯域制御方法。

【請求項6】 請求項5記載の帯域制御方法において、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てる優先通信が必要か否か判断し、優先通信が不要な場合には、スループット低下検出時にパケット送信量を直ちに削減し、

優先通信が必要な場合には、スループット低下検出時にパケット送信量を直ちには削減せずにそのまま保持し、 20
その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみ
パケット送信量を削減して通信帯域を削減することを特徴とする帯域制御方法。

【請求項7】 請求項5または6記載の帯域制御方法において、任意の第1の測定区間でのスループットと、その直後の第2の測定区間でのスループットとの差から第1のスループット変化量を算出し、

算出された第1のスループット変化量が所定しきい値以上の場合に、スループットが低下していると判断し、

第2の測定区間でのスループットと、その直後の第3の 30
測定区間でのスループットとの差から第2のスループット変化量を算出し、

算出された第1および第2のスループット変化量が所定しきい値以上の場合には、スループット低下がさらに悪化していると判断することを特徴とする帯域制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、帯域制御方法に関し、特に通信プロトコル処理を実行するノードにおけるプロトコルレイヤ4の帯域を制御する場合の帯域制御方法 40
に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在、インターネット／イントラネットではベストエフォート型サービスが主要なサービス形態であり、各コネクションには時々刻々変化するネットワーク状況に応じた帯域が提供される。代表的通信プロトコルであるTCPでは、パケット紛失事象の検出などを基にしてネットワーク状況の変化を検出し、送信量を調整する。

【0003】 このために、相手ノードの受信能力を示す 50

4

パラメータである受信告知ウィンドウ値 (adwnd) の他に、ネットワークの転送能力の推定値を示すパラメータである輻輳ウィンドウ値 (cwnd) を用いて、 $\min(adwnd, cwnd)$ の範囲で送信する。ただし、 $\min(A, B)$ はAとBのいずれか小さい方の値を採ることを示している。

【0004】 送信量の調整のための帯域制御はcwndを中心として実現され、前述のパラメータの他にスロースタート閾値 (ssthresh) がある。これらのパラメータに基づいてパケット送信が行われるが、スロースタートフェーズと輻輳回避フェーズと呼ばれる2つのフェーズがあり、制御の方法が異なる。

【0005】 その方式の概要は次のようなものである。なお、帯域制御の各パラメータの単位は、TCPの実装ではバイト数を用いているが、以下では説明を容易にするためパケット数で表現する。まず、コネクション設定後、帯域制御のパラメータを、 $ssthresh = adwnd$ 、 $cwnd = 1$ に初期設定する。

【0006】 そしてスロースタートフェーズに入り、1個のデータパケット (DTパケット) の送信を行い、確認応答パケット (ACKパケット) の受信を待つ。一定時間内にACKパケットを受信したら、cwndを+1し、次には2パケットの送信を行い、以降、ACKパケットを受信するごとに確認したDTパケット数だけ、次の送信可能量であるcwndが閾値ssthreshになるまで増加させる。

【0007】 したがって、送信可能量cwndは、1、2、4、8、…と言った具合に増加していく。cwndがssthreshに達したら、輻輳回避フェーズに入る。輻輳回避フェーズでは、ACKパケット受信ごとにcwndを $1/cwnd$ だけ増加させるので、スロースタートフェーズと比較して、遥かに緩やかな増加となる。

【0008】 代表的なTCPの実装では、DTパケット紛失事象は、確認応答が受信されず時間監視がタイムアウトした時、または一定数 (通常は3) 以上の重複ACKを受信した時に、パケット紛失が発生したものと判断する。なお、重複ACK受信とは、同一の受信シーケンス番号を有するACKパケットを連続して複数個受信することを用いる。

【0009】 DTパケット紛失と判断した時は、帯域制御のパラメータを調整し、 $ssthresh = \min(cwnd, adwnd) / 2$ とする。またcwndについて、重複ACK検出の場合には、 $new\ cwnd = old\ cwnd / 2$ とし、タイムアウトの場合には、 $new\ cwnd = 1$ とするものとなっている (例えば、W.R.Stevens 著、TCP Illustrated Vol.1 のChapter 21、Addison Wesley、1994など参照)

【0010】 一方、誤り回復の迅速化を狙いとした選択的応答 (SACK) の機能がTCPのオプションとして

1996年にインターネット・ドキュメントであるRFC2018で規定された。SACK情報は、受信側でパケット紛失により非連続受信となったパケット全てについて、受信できた区間をACKパケットに付加して具体的に通知するものである。送信側では、この情報を使用して、紛失パケットのみを再送する。

【0011】帯域制御（輻輳制御）との関係については、RFC2018では既存機能が保存されるべきとあるので、SACK情報によりパケット紛失を検出した場合には、前述の重複ACK検出時と同様のパラメータ調整を行う。以上のように、重複ACK、応答確認タイムアウト、SACK情報によりパケット紛失事象を検出した場合、そのコネクションを使用しているユーザレベルやアプリケーション種別によらず、一律に送信量を削減する制御を行うものとなっていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の帯域制御方法、特に、現状の各種ホスト／端末装置で実現されているTCPでは、パケット紛失事象が発生するようなネットワーク混雑時には、アプリケーションやユーザの通信要求条件に依らず、各コネクションの通信帯域を一律に削減するベストエフォート型サービスを提供するものとなっているため、インターネットの混雑時には、例えば、重要／緊急などの優先度の高い通信のコネクションで帯域を確保することができないという問題点があった。

【0013】すなわち、情報通信サービスの多様化・高度化に伴い、ベストエフォート型サービスにおいて、いわゆるQoS（サービス品質）の要求条件の一つとして、通信帯域の利用についての優先度付けを行い、きめ細かいサービス実現が必要となりつつある。例えば、社内利用を想定したイントラネットにおいて、業務種別や職位に応じて通信帯域の割当の優先度をつけて、重要通信や緊急通信でのスループット確保や応答時間短縮を図ることが考えられるが、現状のTCPの帯域制御では実現できない。

【0014】本発明はこのような課題を解決するためのものであり、通信帯域の利用についての優先度付けに基づいたきめ細かいサービスを実現できる帯域制御方法を提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明による帯域制御方法のうち、請求項1の発明は、相手ノードの受信能力を示す受信告知ウィンドウ値と、ネットワークの転送能力を推定した輻輳ウィンドウ値とのいずれか小さい値に基づいて、パケット送信に用いる通信帯域を設定する通信プロトコルにおいて、パケット紛失事象検出時には、輻輳ウィンドウ値を直ちには削減せずにそのまま保持し、その後のパケット紛失状況が悪化した場合にのみ輻輳ウィンドウ値を削減

して通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、パケット紛失事象検出時には、直ちに通信帯域が削減されず現状のまま保持され、その後のパケット紛失状況が悪化した場合にのみ通信帯域が削減される。

【0016】また、請求項2の発明は、請求項1の発明において、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てる優先通信が必要か否か判断し、優先通信が不要な場合には、パケット紛失事象検出時に輻輳ウィンドウ値を直ちに削減し、優先通信が必要な場合には、パケット紛失事象検出時に輻輳ウィンドウ値を直ちには削減せずにそのまま保持し、その後のパケット紛失状況が悪化した場合にのみ輻輳ウィンドウ値を削減して通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、パケット紛失事象検出時、優先通信が不要なコネクションについては直ちに通信帯域が削減され、これにより解放された通信帯域を用いて優先通信が必要なコネクションの通信帯域が現状のまま保持され、その後のパケット紛失状況が悪化した場合になって初めて、優先通信が必要なコネクションの通信帯域が削減される。

【0017】また、請求項3の発明は、請求項1または2の発明において、所定の監視区間ごとにパケット紛失量を算出し、任意の監視区間での第1のパケット紛失量と、その直後の監視区間での第2のパケット紛失量とを比較し、第2のパケット紛失量が第1のパケット紛失量より大きい場合には、パケット紛失状況が悪化していると判断するようにしたものである。また、請求項4の発明は、請求項3の発明において、パケット紛失事象検出時点から送信済みのパケットすべてについて受信側から送達確認通知された時点までの区間を監視区間とするようにしたものである。

【0018】また、請求項5の発明は、ネットワークの負荷状況を示すスループットを所定長の測定区間ごとに測定し、その変化に応じてパケット送信量を調整する通信プロトコルにおいて、スループットの低下検出時には、パケット送信量を直ちには削減せずにそのまま保持し、その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみパケット送信量を削減して通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、スループット低下検出時には、直ちに通信帯域が削減されず現状のまま保持され、その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみ通信帯域が削減される。

【0019】また、請求項6の発明は、請求項5の発明において、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てる優先通信が必要か否か判断し、優先通信が不要な場合には、スループット低下検出時にパケット送信量を直ちに削減し、優先通信が必要な場合には、スループット低下検出時にパケット送信量を直ちには削減せずにそのまま保持し、その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみパケット送信

量を削減して通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、スループット低下検出時、優先通信が不要なコネクションについては直ちに通信帯域が削減され、これにより生じた通信帯域を用いて優先通信が必要なコネクションの通信帯域が現状のまま保持され、その後のスループット低下がさらに悪化した場合になって初めて、優先通信が必要なコネクションの通信帯域が削減される。

【0020】また、請求項7の発明は、請求項5または6の発明において、任意の第1の測定区間でのスループットと、その直後の第2の測定区間でのスループットとの差から第1のスループット変化量を算出し、算出された第1のスループット変化量が所定しきい値以上の場合に、スループットが低下していると判断し、第2の測定区間でのスループットと、その直後の第3の測定区間でのスループットとの差から第2のスループット変化量を算出し、算出された第1および第2のスループット変化量が所定しきい値以上の場合には、スループット低下がさらに悪化していると判断するようにしたものである。

【0021】

【発明の実施の形態】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態である通信システムのブロック図である。同図において、エンドノード1は、情報通信網2に接続され、相手のエンドノード1と通信するノード、情報通信網2は通信回線および中継ノードから構成されるネットワークである。

【0022】エンドノード1は、下位レイヤ処理部11、レイヤ4処理部12、アプリケーション処理部13から構成されている。下位レイヤ処理部11は、プロトコルレイヤ3以下の処理、すなわち、通信回線との電氣的整合などのレイヤ1、フレームの組立／分解などのレイヤ2、およびルーティングなどのレイヤ3（ここではIPとする）の各処理を行う。

【0023】レイヤ4処理部12は、レイヤ4（ここではTCPとする）のコネクションの設定解放やフロー制御などに基づいたデータ送受信の処理を行う。この場合、プロトコルレイヤ4（TCP）用の帯域制御のパラメータとして、受信告知ウィンドウ値（adwnd）、輻輳ウィンドウ値（cwnd）、スロースタート閾値（ssthresh）の他に、パケット紛失数をカウントする機能、パケット紛失数を保持する変数loss1とloss2、パケット紛失事象検出時の送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を保持する変数hishkを用いる。

【0024】送信可能なパケット数は、min(cwnd, adwnd)であり、各パラメータの変動に伴い通信中に変化していく。ただし、min(A, B)はAとBの小さい方の値を採用することを示す。また、上位レイヤがON/OFFを設定し、TCPでの帯域制御の方法を選択するための優先通信フラグを持つ。

【0025】本発明の第1の実施の形態では、優先通信フラグがONのコネクションにおいてパケット紛失事象が検出された場合には、直ちに帯域制御パラメータssthreshとcwndを削減せずに保持し、その後の紛失状況が悪化した場合にのみ帯域制御パラメータssthreshとcwndを削減するものである。また、パケット紛失事象が検出された時点での送信済みでかつ送達未確認のパケットすべてについて送達確認されるまでを監視区間とし、隣接する2つの監視区間に紛失したそれぞれの紛失パケット総数を比較することにより、パケット紛失事象検出後の紛失状況が悪化しているか否かを判断するものである。

【0026】次に、図2～4を参照して、本発明の第1の実施の形態による動作として、帯域制御を中心としたデータ送信の動作について説明する。図2は通信シーケンス全体の概略を示すシーケンス説明図、図3は帯域制御全体の概略を示すフローチャート、図4は優先通信時の帯域制御処理を示す状態遷移表である。以下では、クライアント側（受信側）からの要求に応じて、サーバ側（送信側）からパケット転送を行う場合を例に説明する。

【0027】まず、クライアント側のレイヤ4処理部12（TCP）は、アプリケーション処理部13（上位AP）からの通信開始要求に基づいて、コネクション設定要求およびコネクション設定応答を、サーバ側のレイヤ4処理部12（TCP）とやり取りすることにより、コネクションの設定を行う。このとき、TCPコネクションでSACKオプションを使用したい場合には、コネクション設定要求パケットにSACK表示を付加して、送信側と受信側でネゴシエーションしておく。

【0028】なお、クライアント側のレイヤ4処理部12（TCP）は、アプリケーション処理部13（上位AP）からの通信終了要求に基づいて、コネクション開放要求およびコネクション開放応答を、サーバ側のレイヤ4処理部12（TCP）とやり取りすることにより、コネクションの開放を行う。

【0029】図2に示すように、コネクション設定完了後、サーバ側はデータ転送可能な通常（N）状態となる（図3：ステップ31）。サーバ側の上位APは、クライアント側の上位APから通知されるユーザIDまたは要求アプリケーションIDに基づいて、設定したTCPコネクションで優先的な帯域制御を行うか否かを判断する。

【0030】ここで、通知されたIDが、優先通信の必要なコネクションを示す場合には、優先通信フラグをONに設定し、優先通信の必要でないコネクションを示す場合には、優先通信フラグをOFFに設定しておく。したがって、以降のデータ転送の通常（N）状態において、サーバ側のレイヤ4処理部12により、TCPのDTパケットの紛失事象が検出された場合には、この優先

通信フラグのON/OFFにより、そのコネクションに優先通信が必要か否か判断される。

【0031】図3に示すように、データ転送の通常

(N) 状態 (ステップ31) において、サーバ側のレイヤ4処理部12により、TCPのDTパケットの紛失事象が検出された場合、その優先通信フラグがチェックされる (ステップ32)。ここで、優先通信フラグがOFFならば、従来と同様の通常帯域制御が指定されているコネクションであると判断して、直ちに帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ の削減を行う (ステップ33)。

【0032】一方、優先通信フラグがONの場合には、優先通信が必要なコネクションであると判断して、以下のような帯域制御処理を実行する。なお、パケット紛失事象は、重複ACK、SACK (選択的応答) 情報、送達応答確認タイムアウトにより把握できる。また、紛失パケット数 L は、重複ACK、送達確認タイムアウトの場合は1となるが、SACK情報の場合はその情報から判明する新たな紛失数 L となる。

【0033】通常 (N) 状態で、重複ACK受信時またはSACK受信時には、監視区間が開始され、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を変数 hi_chk へ設定し、変数 $loss1$ へ紛失パケット数 L を設定し、 $cwnd$ と $sssthresh$ の値を削減することなく、監視1 (M1) 状態 (ステップ34) へ遷移する。またN状態において、送達確認タイムアウト時にも監視区間が開始され、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を変数 hi_chk へ設定し、変数 $loss1$ へ1を設定し、 $cwnd$ と $sssthresh$ の値を削減することなく、M1状態 (ステップ34) へ遷移する。

【0034】M1状態において、ACK受信時の処理は次のようになる。受信したACKパケットの受信シーケンス番号 (ACKseq) が、 $hi_chk > ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについてまだ送達確認されていない場合には、 $loss1$ の変更はなく、M1状態のままとし、監視区間を継続する。

【0035】一方、 $hi_chk \leq ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについて送達確認された場合には、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を hi_chk へ設定し、変数 $loss2$ を0とし、監視2 (M2) 状態 (ステップ35) へ遷移する。これにより、最初の監視区間が終了して、次の監視区間が開始される。

【0036】また、M1状態において、重複ACK受信時またはSACK受信時の処理は次のようになる。受信するACKパケットの受信シーケンス番号 (ACKseq) が、 $hi_chk > ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについてまだ送達確

認されていない場合には、新たなパケット紛失の検出があれば $loss1$ へ紛失数 L を加算し、M1状態のままとし、監視区間を継続する。

【0037】一方、 $hi_chk \leq ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについて送達確認された場合には、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を hi_chk へ設定し、新たなパケット紛失の検出があれば $loss2$ へ紛失数 L を設定して、M2状態へ遷移する。これにより、最初の監視区間が終了して、次の監視区間が開始される。さらに、M1状態で、送達確認タイムアウト時は、 $loss1$ を+1し、M1状態のままとし、監視区間を継続する。

【0038】また、M2状態において、ACK受信時の処理は次のようになる。受信するACKパケットの受信シーケンス番号 (ACKseq) が、 $hi_chk > ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについてまだ送達確認されていない場合には、 $loss2$ の変更はなく、M2状態のままとし、監視区間を継続する。

【0039】一方、 $hi_chk \leq ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについて送達確認された場合には、前後2つの監視区間が終了したと判断して、 $loss1$ と $loss2$ の値を比較する (ステップ36)。ここで、 $loss2 = 0$ ならば、後続の監視区間において紛失パケットが発生していないことから、輻輳状況は解消したと判断して、帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ は削減せず、通常 (N) 状態 (ステップ31) へ遷移する。

【0040】また、 $loss1 \geq loss2$ ならば、後続の監視区間での紛失パケット総数が低減していることから、輻輳状況は改善しつつあると考えられるため、帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ は削減せず、さらに様子を見るため、新たな監視区間を開始する。このため、 $loss2$ の値を $loss1$ へ設定し、 $loss2 = 0$ とし、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を hi_chk へ設定して、M2状態 (ステップ35) へ戻り、監視区間を継続する。

【0041】また、 $loss1 < loss2$ ならば、後続の監視区間での紛失パケット総数が増加していることから、ネットワークの輻輳状況が悪化していると考えられるため、帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ を削減 (ステップ37) した後に、N状態 (ステップ31) へ遷移する。

【0042】また、M2状態において、重複ACK受信時またはSACK受信時の処理は次のようになる。受信するACKパケットの受信シーケンス番号 (ACKseq) が、 $hi_chk > ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについてまだ送達確認されていない場合には、新たなパケット紛失の検出が

あれば $loss2$ へ紛失数 L を加算し、 $M2$ 状態のままとし、監視区間を継続する。

【0043】 $hi_chk \leq ACKseq$ の場合、すなわち送信済みで未確認のパケットすべてについて送達確認された場合には、前後2つの監視区間が終了したと判断して、 $loss1$ と $loss2$ の値を比較する（ステップ38）。ここで、 $loss1 \geq loss2$ ならば、後続の監視区間での紛失パケット総数が低減していることから、輻輳状況は改善しつつあると考えられるため、帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ は削減しない。

【0044】そして、さらに様子を見るため、 $loss2$ の値を $loss1$ へ設定するとともに、その時点での送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を hi_chk へ設定し、新たなパケット紛失の検出があれば $loss2$ へ紛失数 L を設定して、 $M2$ 状態（ステップ35）へ戻り、新たな監視区間を開始する。

【0045】また、 $loss1 < loss2$ ならば、後続の監視区間での紛失パケット総数が増加していることから、ネットワークの輻輳状況が悪化していると考えられるため、帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ を削減（ステップ39）した後に、 N 状態（ステップ31）へ遷移する。

【0046】さらに、 $M2$ 状態で、送達確認タイムアウト時は、 $loss2$ を $+1$ し、 $M2$ 状態のままとし、監視区間を継続する。なお、ステップ36、38での帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ の削減は、ここでは従来方式と同様に、 $sssthresh = \min(cwnd, adwnd) / 2$ 、新 $cwnd = 旧cwnd / 2$ とする。

【0047】このように、本発明の第1の実施の形態では、パケット紛失事象が検出された場合には、直ちに帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ を削減せずに保持し、その後の紛失状況が悪化した場合にのみ帯域制御パラメータ $sssthresh$ と $cwnd$ を削減するようにした。したがって、図5（a）に示す従来の帯域制御方法のように、パケット紛失事象の検出に応じて一律に帯域削減を行う場合と比較して、図5（b）に示すように、重要／緊急などの優先度の高い通信のコネクションで帯域を確保することができ、通信帯域の利用についての優先度付けに基づいたきめ細かいサービスを実現できる。

【0048】また、パケット紛失事象が検出された時点での送信済みでかつ送達未確認のパケットすべてについて送達確認されるまでを監視区間とし、任意の監視区間とその直後の監視区間で紛失したそれぞれの紛失パケット総数 $loss1$ 、 $loss2$ を比較するようにしたので、パケット紛失事象検出後の紛失状況が悪化しているか否かを正確に判断できる。

【0049】また、受信側（クライアント側）から通知

されたユーザIDまたは要求アプリケーションIDに基づき、送信側（サーバ側）でそのコネクションへの優先的な帯域制御を行うか否かを判断するようにしたので、多数の受信側に対する無制限な優先通信を容易に抑制することができるとともに、優先通信を行わない従来と同様のコネクションについてはパケット紛失事象の検出に応じて直ちに帯域削減が行われ、優先通信を行うための帯域を確保できる。

【0050】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。ここでは、ネットワークの輻輳状況をパケット紛失事象でなく、スループットの変化状況から把握して、送信量を調整する通信プロトコル（例えば、TCP-Vegasと呼ばれるTCPバージョン）の場合について説明する。なお、考え方は前述と同様であり、ここでは簡単に説明する。

【0051】まず、所定長の測定区間ごとにスループットを算出する。スループットを算出する場合、まず、任意の測定区間でのパケット送信開始から、その測定区間に送信した全送信パケットに対して受信側から送達確認通知されるまでの所要時間を計時する。そして、その測定区間に送信したパケット送信量を所要時間で除算することによりスループットを算出する。

【0052】続いて、任意の測定区間で算出したスループットを $P1$ とするとともに、その直後の測定区間で算出したスループットを $P2$ とし、両測定区間におけるスループット変化量 D を、両者の差すなわち $D = P1 - P2$ で求める。この場合、所定のしきい値 a を定めて、スループットが低下しているか否かの状況判断に使用する。

【0053】ここで、優先通信フラグがONの場合の動作は次のようになる。 $D < a$ ならば、スループットが良好であると判断して、パケット送信量を増加させる。また、 $D \geq a$ ならば、スループットが低下していると判断して、現状の送信量の値を保持して次期間の様子を見る。

【0054】続いて、この $P2$ の値を $P1$ として保存しておき、次期間のスループットを $P2$ として求める。そして、再びスループット変化量 D を算出してしきい値 a との比較を行い、再び $D \geq a$ ならば、スループット低下がさらに悪化していると判断して、現状のパケット送信量の値を削減する。

【0055】一方、優先通信フラグがOFFの場合の動作は次のようになる。前述と同様にして算出したスループット変化量 D としきい値 a とを比較し、 $D < a$ ならば、スループットが良好であると判断して、送信量を増加させる。また、 $D \geq a$ ならば、スループットが低下して、ネットワークの負荷が高くなりつつあるものとして、直ちに現状の送信量の値を削減する。

【0056】したがって、スループットの変化状況から把握して、送信量を調整する通信プロトコルでは、スル

ーブット低下が検出された場合には、直ちにパケット送信量を削減せずに保持し、その後のスループット低下がさらに悪化した場合にのみパケット送信量を削減するようにしたので、従来のようにパケット紛失事象の検出に応じて一律に帯域削減を行う場合と比較して、重要／緊急などの優先度の高い通信のコネクションで帯域を確保することができ、通信帯域の利用についての優先度付けに基づいたきめ細かいサービスを実現できる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、ネットワークの輻輳状況が検出された場合には、優先通信を行うコネクションにおいて、直ちにパケット送信量を削減せずそのまま保持し、その後の輻輳状況がさらに悪化した場合にのみ優先通信を行うコネクションの通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、従来のようにパケット紛失事象の検出に応じて一律に帯域削減を行う場合と比較して、重要／緊急などの優先度の高い通信のコネクションで帯域を確保することができるとともに、さらには、ベストエフォート型サービスにおけるQoS（サービス品質）の多様化に対応でき、通信帯域の利用についての優先度付けに基づいたきめ細かいサービスを実現できる。例えば、社内利用を想定したイントラネットにおいて、業務種別やユーザ種別に応じて通信帯域の割当の優先度をつけて、重要通信や緊急通信でのスループット確保や応答時間短縮を図ることができ、アグレッシブなベストエフォート型サービスを実現できる。

【0058】また、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てて優先通信が必要か否か判断し、優先通信が不要なコネクションについては、輻輳状況検出時にパケット送信量を直ちに削減し、優先通信が必要なコネクションについては、輻輳状況検出時にパケット送信量を直には削減せずにそのまま保持し、その後の輻輳状況が悪化した場合にのみパケット送信量を削減して通信帯域を削減するようにしたものである。したがって、ネットワークで輻輳状況が発生し、使用可能な通信帯域が低減した場合でも、輻輳発生に応じて直ちに削減された優先通信が不要なコネクションの通信帯域を用いて、優先通信が必要なコネクションの通信帯域が現状のまま保持される。さらに、ユーザレベルあるいはアプリケーション種別に応じて帯域を優先的に割当てて優先通信が必要か否かを送信側で判断でき、多数の受信側に対する無制限な優先通信を容易に抑制することができるとともに、優先通信を行わない従来

と同様のコネクションについてはパケット紛失事象の検出に応じて直ちに帯域削減が行われ、優先通信を行うための帯域を確保できる。

【0059】また、所定の監視区間ごとにパケット紛失量を算出し、任意の監視区間での第1のパケット紛失量と、その直後の監視区間での第2のパケット紛失量とを比較し、第2のパケット紛失量が第1のパケット紛失量より大きい場合には、パケット紛失状況が悪化していると判断するようにし、さらには、パケット紛失事象検出時点から送信済みのパケットすべてについて受信側から送達確認通知された時点までの区間を監視区間とするようにしたので、ネットワークの輻輳状況をパケット紛失事象により検出し、そのパケット送信量を調整する通信プロトコルにおいて、パケット紛失事象検出後の紛失状況が悪化しているか否かを正確に判断できる。

【0060】また、任意の第1の測定区間でのスループットと、その直後の第2の測定区間でのスループットとの差から第1のスループット変化量を算出し、算出された第1のスループット変化量が所定しきい値以上の場合に、スループットが低下していると判断し、第2の測定区間でのスループットと、その直後の第3の測定区間でのスループットとの差から第2のスループット変化量を算出し、算出された第1および第2のスループット変化量が所定しきい値以上の場合には、スループット低下がさらに悪化していると判断するようにしたので、ネットワークの輻輳状況をスループットの変化により検出し、そのパケット送信量を調整する通信プロトコルにおいて、スループットの低下、およびその後のさらなる悪化を正確に判断できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態であるデータ通信システムのブロック図である。

【図2】 通信シーケンス全体の概略を示すシーケンス説明図である。

【図3】 帯域制御全体の概略を示すフローチャートである。

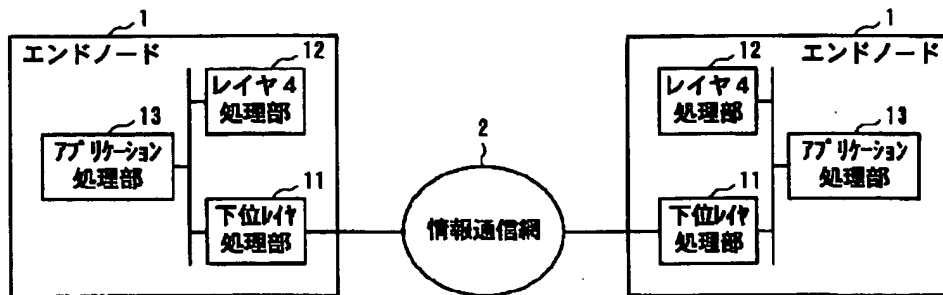
【図4】 優先通信時の帯域制御処理を示す状態遷移表である。

【図5】 本発明の動作概念を示す説明図である。

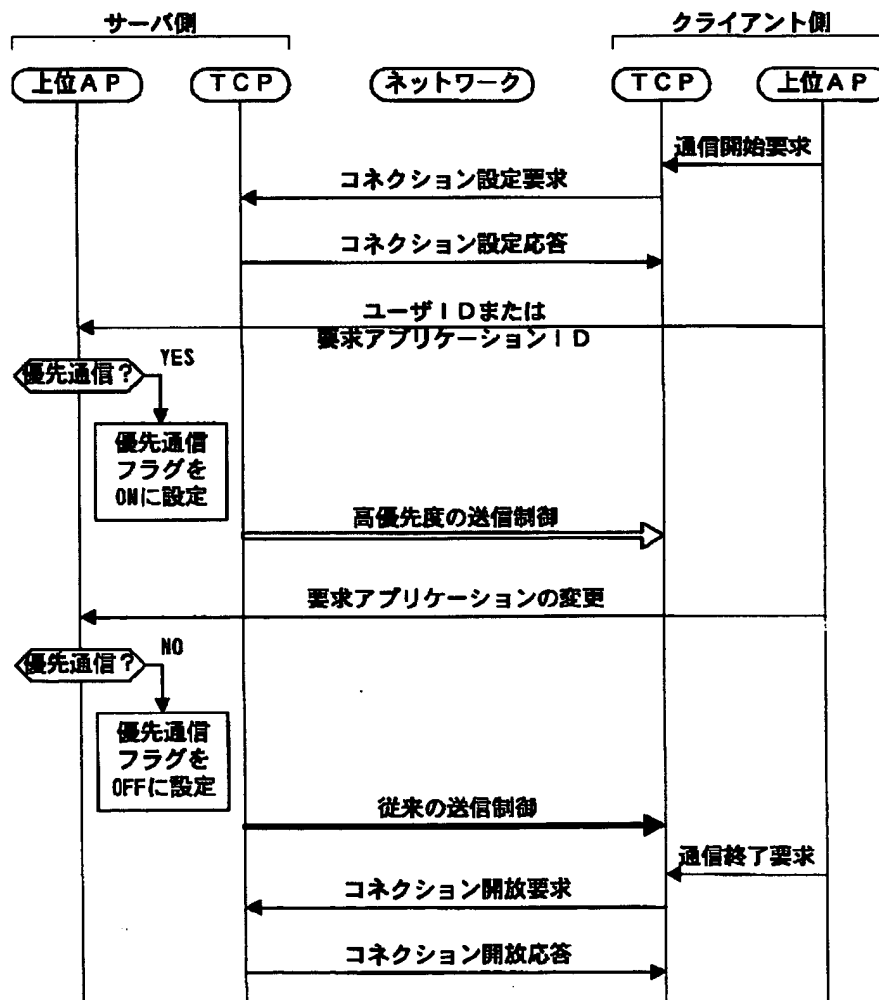
【符号の説明】

1…エンドノード、2…情報通信網、11…下位レイヤ処理部、12…レイヤ4処理部、13…アプリケーション処理部。

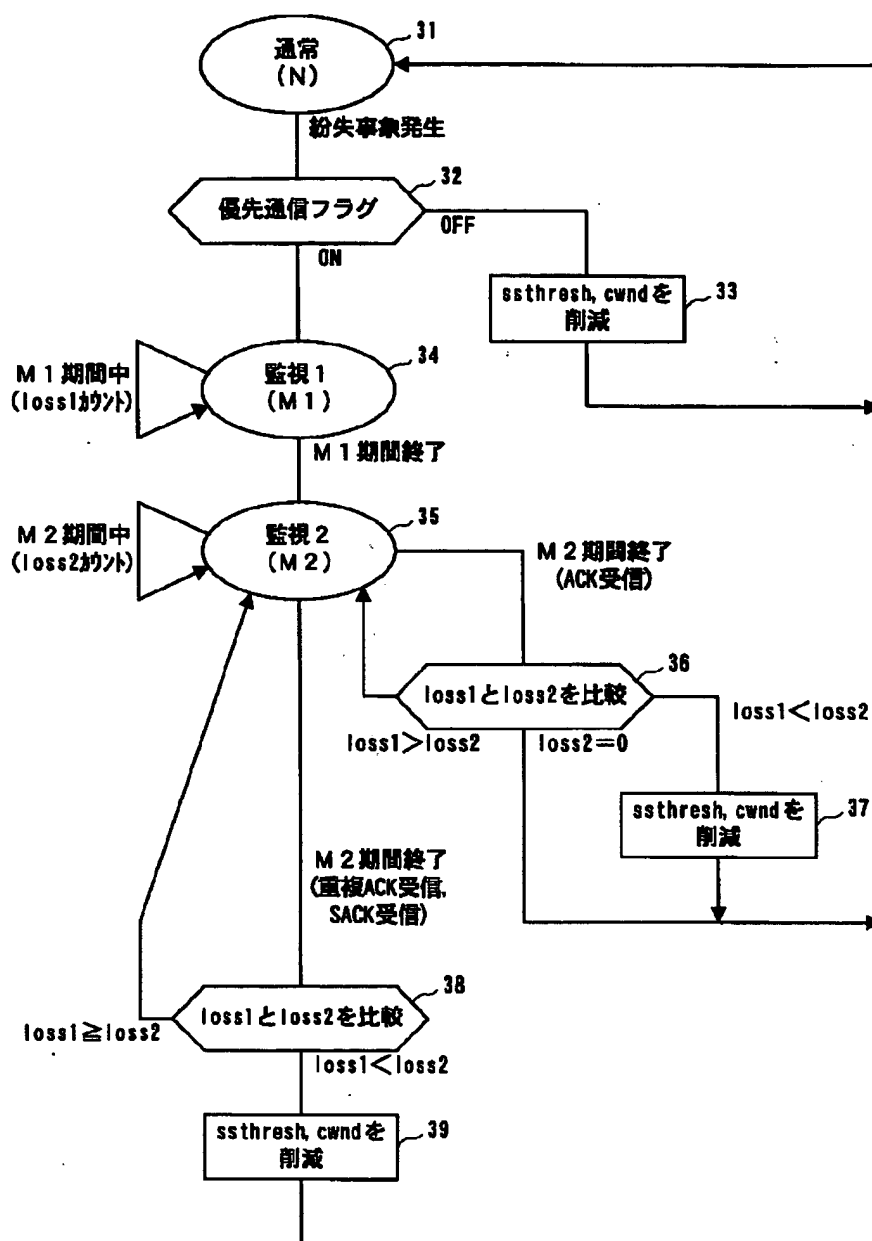
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

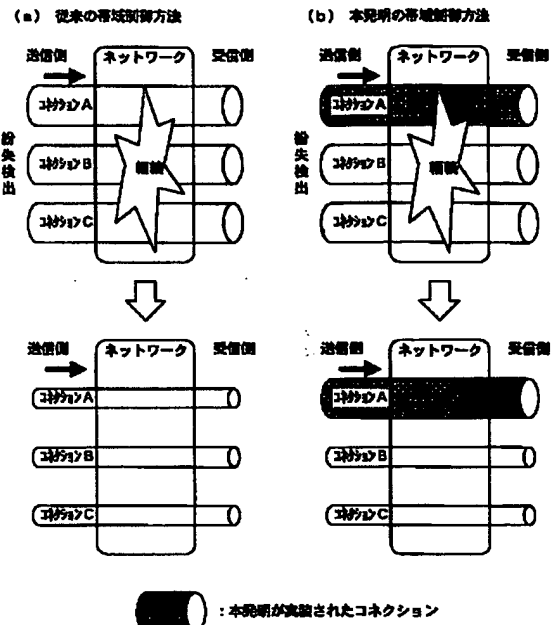
状態 遷移原因	通常 (N)	監視1 (M1)	監視2 (M2)
ACK受信	・従来動作 [スロースタート、 無接続フェーズの 送信動作] ・状態Nのまま	(1) $hi_chk > ACKseq$ の場合 ・状態M1のまま (2) $hi_chk \leq ACKseq$ の場合 ・ hi_chk 設定 ・ $loss1 \leftarrow 0$ ・状態M2へ	(1) $hi_chk > ACKseq$ の場合 ・状態M2のまま (2) $hi_chk \leq ACKseq$ の場合 (a) $loss1 = 0$ の場合 ・状態Nへ (b) $loss1 \geq loss2$ ・ $loss1 \leftarrow loss2$ ・ hi_chk 設定 ・ $loss2 \leftarrow 0$ ・状態M2のまま (c) $loss1 < loss2$ の場合 ・ $ssthresh_cmd$ を削除 ・状態Nへ
重複ACK受信 または SACK受信	・ hi_chk 設定 ・ $loss1 \leftarrow L$ ・状態M1へ	(1) $hi_chk > ACKseq$ の場合 ・ $loss1 \leftarrow loss1 + L$ ・状態M1のまま (2) $hi_chk \leq ACKseq$ の場合 ・ hi_chk 設定 ・ $loss2 \leftarrow L$ ・状態M2へ	(1) $hi_chk > ACKseq$ の場合 ・ $loss2 \leftarrow loss2 + L$ ・状態M2のまま (2) $hi_chk \leq ACKseq$ の場合 (a) $loss1 \geq loss2$ の場合 ・ $loss1 \leftarrow loss2$ ・ hi_chk 設定 ・ $loss2 \leftarrow L$ ・状態M2のまま (c) $loss1 < loss2$ の場合 ・ $ssthresh_cmd$ を削除 ・状態Nへ
送信確認 タイム アウト	・ hi_chk 設定 ・ $loss1 \leftarrow 1$ ・状態M1へ	・ $loss1 \leftarrow loss1 + 1$ ・状態M1のまま	・ $loss2 \leftarrow loss2 + 1$ ・状態M2のまま

【備考】

hi_chk 設定: 送信済みで未確認の最大送信シーケンス番号を、
変数 hi_chk へ設定すること。

L: 新たな損失パケット数
(重複ACKの場合は1, SACKの場合は新規に判別した損失数)

【図5】



(注) コネクションの太さは、帯域の大きさを表す。

フロントページの続き

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04L 12/56

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.